



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109261971 A

(43)申请公布日 2019.01.25

(21)申请号 201810997544.8

G22C 32/00(2006.01)

(22)申请日 2018.08.29

(71)申请人 天津大学

地址 300350 天津市津南区海河教育园雅  
观路135号天津大学北洋园校区

(72)发明人 赵乃勤 戎旭东 何春年 师春生  
何芳 马丽颖 刘恩佐

(74)专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代  
理事务所 12201

代理人 程毓英

(51)Int.Cl.

B22F 3/23(2006.01)

B22F 1/00(2006.01)

G22C 1/05(2006.01)

G22C 21/00(2006.01)

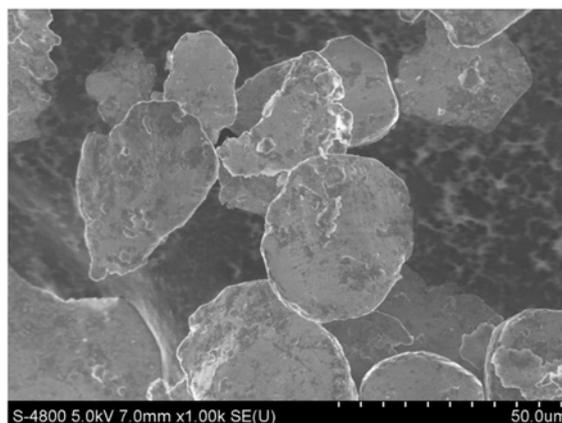
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54)发明名称

一种用于改善纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复  
合材料均匀性的变速球磨混粉方法

(57)摘要

本发明涉及一种用于改善纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料均匀性的变速球磨混粉方法,包括下列步骤:(1)配制混合粉末:按照氧化铜粉:铝粉或铝合金粉末质量比为小于10%称取混合粉末;(2)对混合粉末进行低能球磨处理:将配置好的混合粉末装入球磨罐中,在氩气保护下对混合粉末进行低能球磨,球磨参数:球料比5:1~15:1,转速200r/min,球磨时间2-4小时;(3)对混合粉末进行高能球磨处理:将低速短时球磨后的粉末进行高能球磨处理,高能球磨处理工艺为,转速400r/min,球磨时间2-4小时;(4)烧结成型。



1. 一种用于改善纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料均匀性的变速球磨混粉方法,包括下列步骤:

(1) 配制混合粉末

按照氧化铜粉:铝粉或铝合金粉末质量比为小于10%称取混合粉末;

(2) 对混合粉末进行低能球磨处理

将配置好的混合粉末装入球墨罐中,在氩气保护下对混合粉末进行低能球磨,球磨参数:球料比5:1~15:1,转速200r/min,球磨时间2-4小时。

(3) 对混合粉末进行高能球磨处理

将低速短时球磨后的粉末进行高能球磨处理,高能球磨处理工艺为,转速400r/min,球磨时间2-4小时;

(4) 烧结成型。

## 一种用于改善纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料均匀性的变速球磨混粉方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及到一种利用改进的球磨混粉工艺提高纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料均匀性的方法,属于金属基复合材料制备技术领域。

### 背景技术

[0002] 铝基复合材料具有较高的比强度和比模量,因而应用领域十分广泛。近些年来,科研工作者致力于通过粉末冶金的方式原位合成增强相以进一步改善铝基复合材料的力学性能。在众多原位合成铝基复合材料的材料体系之中,以氧化铜粉末和铝粉为原料,采用高能球磨的方式可以在铝(铝合金)基体中原位合成纳米CuAl<sub>2</sub>和纳米Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,从而得到综合力学性能较好的铝基复合材料。

[0003] 但是在对此类复合材料进行力学性能测试过程中发现,尽管其抗拉强度可以达到200MPa以上,较纯铝提升了100%。但是在变形过程中一旦复合材料进入塑性变形阶段,其工程应力应变曲线则会发生锯齿流变的现象。产生锯齿流变的行为在很大程度上是由于复合材料内部组织不均匀造成的。在复合材料不断加载过程中,由于增强相强度高于铝基体,因此局部某一方向的增强相首先承载直至达到其强度极限发生断裂,在增强相不断承载过程中,在工程应力应变曲线上表现为复合材料强度的提高;当其发生断裂时,在工程应力应变曲线上表现为复合材料强度的陡降。以上两个过程组成了应力应变曲线中的一个“锯齿”过程。随着不同区域不同方向的增强相不断发生承载直至断裂的现象,工程应力应变曲线整体上表现出“锯齿流变”的现象。

[0004] 为了进一步提升复合材料均匀性,使CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>纳米增强相能够在材料内部实现均匀承载的作用,可以从以下两个方面入手。一是针对CuAl<sub>2</sub>这种金属间化合物,可以对烧结后的复合材料进行均匀化处理,使CuAl<sub>2</sub>实现回溶-再析出的过程,从而改变CuAl<sub>2</sub>在复合材料体系中的形貌及分布。二是从制备工艺入手,通过球磨混粉的方式使原始材料(铝粉、氧化铜粉)实现均匀混合,以此提升复合材料的组织均匀性。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种改善CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料的变速球磨混粉方法。该方法能够有效改善CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料的组织均匀性,改善复合材料断裂行为,进一步提升复合材料强度和延伸率。为实现上述目的,本发明通过以下技术方案加以实施。

[0006] 一种用于改善纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料均匀性的变速球磨混粉方法,包括下列步骤:

[0007] (1) 配制混合粉末

[0008] 按照氧化铜粉:铝粉或铝合金粉末质量比为小于10%称取混合粉末。

[0009] (2) 对混合粉末进行低能球磨处理

[0010] 将配置好的混合粉末装入球墨罐中,在氩气保护下对混合粉末进行低能球磨,球磨参数:球料比5:1~15:1,转速200r/min,球磨时间2-4小时。

[0011] (3)对混合粉末进行高能球磨处理

[0012] 将低速短时球磨后的粉末进行高能球磨处理,高能球磨处理工艺为,转速400r/min,球磨时间2-4小时。

[0013] (4)烧结成型。

[0014] 均匀化混合机理:氧化铜粉末与铝粉混合后在高温下可以发生铝热反应。如果能够实现氧化铜粉末与铝粉均匀混合,则有望获得增强相均匀分布的铝基复合材料。变速球磨过程中,首先通过低能球磨增加氧化铜粉末的分散性,并实现氧化铜粉末与铝粉的均匀混合。在随后的高能球磨过程中,表面附着有氧化铜粉末的铝粉经过变形—破碎—冷焊的过程,将氧化铜粉末包裹在铝粉之中,实现氧化铜粉末均匀分布。

### 附图说明

[0015] 图1为原始铝粉形貌

[0016] 图2为原始氧化铜粉形貌

[0017] 图3为低能球磨混粉后形貌

[0018] 图4为高能球磨混粉后形貌

[0019] 图5为热压态复合材料与相同工艺制备的纯铝的工程应力-应变曲线。

### 具体实施方式

[0020] 本发明的技术路线如下:

[0021] (1)配制混合粉末

[0022] 按照氧化铜粉:铝粉或铝合金粉末质量比为小于10%称取混合粉末,其中氧化铜粉末的粒径为5-10 $\mu\text{m}$ ,铝粉或铝合金粉末的粒径为30-40 $\mu\text{m}$ 。

[0023] (2)对混合粉末进行低能球磨处理

[0024] 将配置好的混合粉末装入球墨罐中,在氩气保护下对混合粉末进行低能球磨,球磨参数:球料比5:1~15:1,转速200r/min,球磨时间2-4小时。

[0025] (3)对混合粉末进行高能球磨处理

[0026] 将低速短时球磨后的粉末进行高能球磨处理,高能球磨处理工艺为,转速400r/min,球磨时间2-4小时。

[0027] (4)烧结成型

[0028] 将变速球磨后的粉末放入真空热压炉的模具中进行热压烧结成型。烧结压力为50MPa,烧结温度为620 $^{\circ}\text{C}$ 。热等静压烧结、放电等离子烧结、冷压热烧结等压力烧结工艺均可用于粉末烧结成型。制备的复合材料可以通过后续挤压、轧制等变形工艺进一步提升复合材料力学性能。

[0029] 下面结合实例进一步说明本发明,这些实例只用于说明本发明,并不限制本发明。

[0030] 实施例1

[0031] 称取粒径约为400目的铝粉19g(图1所示),粒径为5~10 $\mu\text{m}$ 的氧化铜粉末1g(图2所示),同时称取质量分数为1%的硬脂酸用作过程控制剂,置于250毫升的不锈钢球磨罐中。

称取不锈钢球300g(球料比为15:1),其中大球与小球个数比为1:2。并充入氩气。采用行星式球磨机首先进行低速球磨处理,转速为200r/min,球磨时间2小时(图3所示)。随后进行高能球磨处理,转速为400r/min,球磨时间4h(图4所示)。球磨混粉后在真空手套箱中取出混合粉末,采用直径为45mm的模具进行真空热压烧结,烧结温度620℃,烧结压力50MPa。得到直径为45mm纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料样品。

[0032] 将铝基复合材料通过线切割加工为可用于进行拉伸的式样,采用万能拉伸试验机进行拉伸,拉伸速率为0.5mm/min,获得该复合材料的工程应力应变曲线(图5所示)。

[0033] 实施例2

[0034] 称取粒径约为400目的铝粉19g,粒径为5~10μm的氧化铜粉末1g,同时称取质量分数为1%的硬脂酸作为过程控制剂,置于250毫升的不锈钢球磨罐中。称取不锈钢球300g(球料比为15:1),其中大球与小球个数比为1:2。并充入氩气。采用行星式球磨机首先进行低速球磨处理,转速为200r/min,球磨时间2小时。随后进行高能球磨处理,转速为400r/min,球磨时间2h。球磨混粉后在真空手套箱中取出混合粉末,采用直径为45mm的模具进行真空热压烧结,烧结温度620℃,烧结压力50MPa。得到直径为45mm纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料样品。

[0035] 将铝基复合材料通过线切割加工为可用于进行拉伸的式样,采用万能拉伸试验机进行拉伸,拉伸速率为0.5mm/min,获得该复合材料的工程应力应变曲线。

[0036] 实施例3

[0037] 称取粒径约为400目的铝粉19g,粒径为5~10μm的氧化铜粉末1g,同时称取质量分数为1%的硬脂酸作为过程控制剂,置于250毫升的不锈钢球磨罐中。称取不锈钢球300g(球料比为15:1),其中大球与小球个数比为1:2。并充入氩气。采用行星式球磨机首先进行低速球磨处理,转速为200r/min,球磨时间2小时。随后进行高能球磨处理,转速为400r/min,球磨时间2h。球磨混粉后在真空手套箱中取出混合粉末,采用直径为20mm的模具进行真空热压烧结,烧结温度620℃,烧结压力50MPa。得到直径为20mm纳米CuAl<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>增强铝基复合材料样品。

[0038] 将烧结后的复合材料进行热挤压处理,挤压温度550℃,挤压比为16:1。得到直径为5mm的挤压棒材。将挤压棒材通过线切割加工为狗骨棒状拉伸式样,采用万能拉伸试验机进行拉伸,拉伸速率为0.5mm/min,获得该复合材料的工程应力应变曲线。

[0039] 本发明采用变速球磨混粉的方式,首先通过低能球磨增加混合粉末的均匀性,再进行高能球磨,促进铝粉的塑性变形,进而将附着在铝粉表面的氧化铜粉末包裹到铝粉内部。通过变速球磨的混粉方式,可以有效改善复合材料的均匀性,进一步优化复合材料的力学性能。

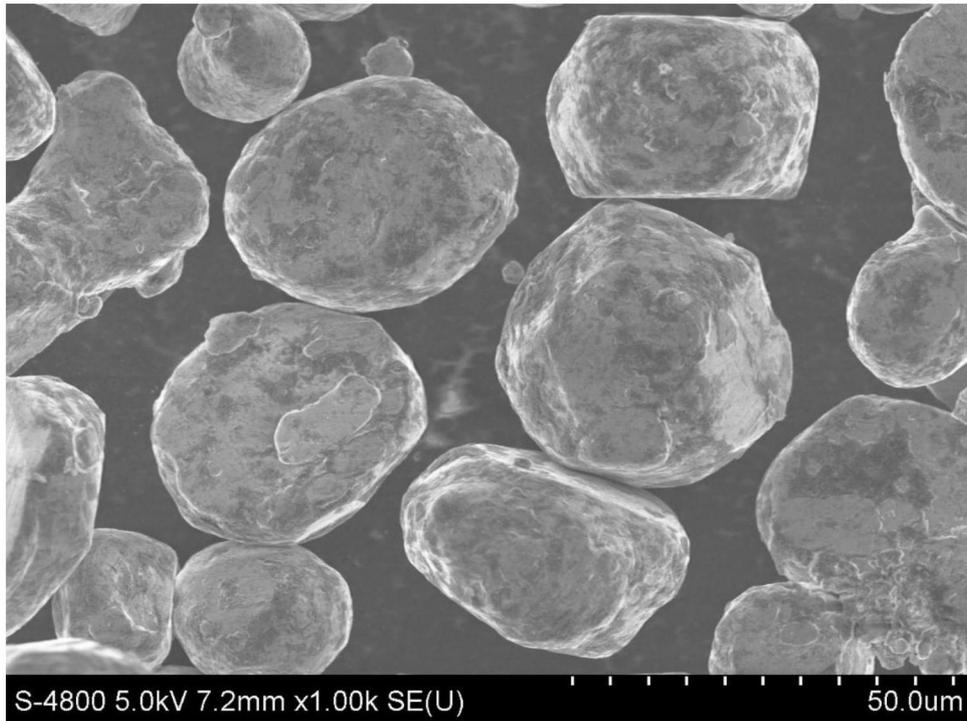


图1

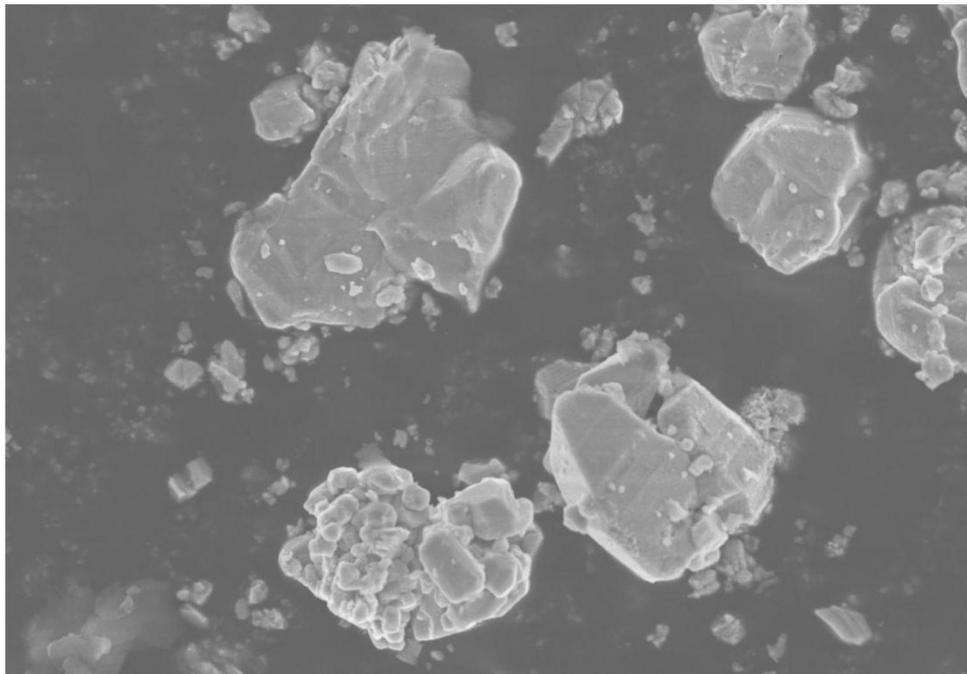


图2

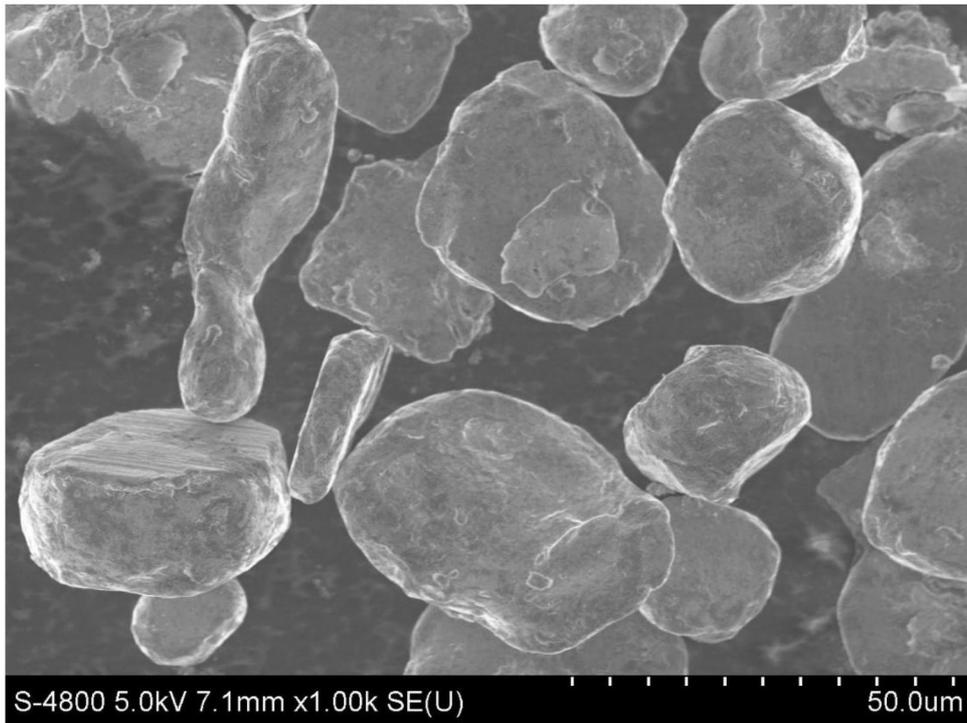


图3

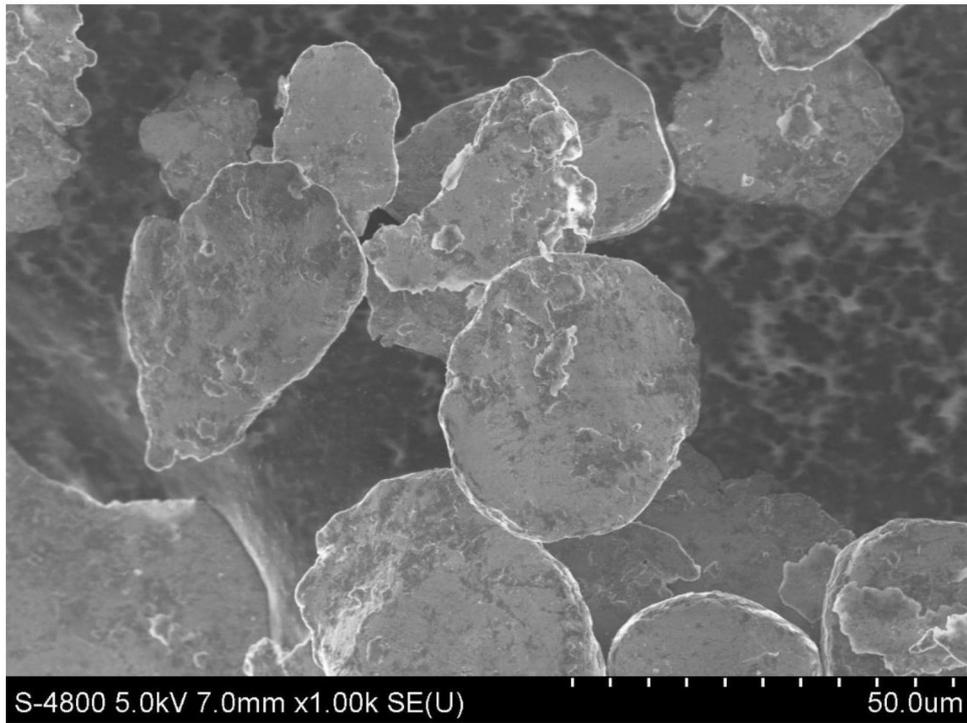


图4

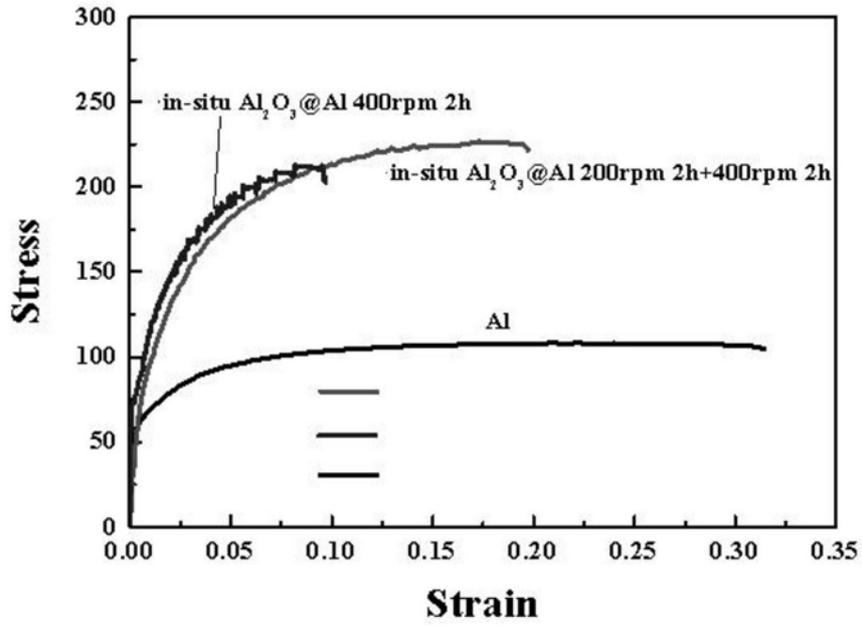


图5